

**ISOLASI MIKROBA ASLI TANAH ANDISOL DIENG DAN KAJIAN POTENSINYA SEBAGAI  
INOKULAN PUPUK HAYATI PELARUT FOSFAT**  
*(Isolation of Indigenous Phosphate Solubilizing Microbia from Andisols Dieng and Its  
Potency as Inoculum of Phosphate Solubilizing Biofertilizer)*

**Sudadi<sup>1)</sup>, Hery Widijanto<sup>1)</sup>, dan Linda Habsari Efendi Putri<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Ilmu Tanah, Fak. Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

<sup>2)</sup>Alumni Program Studi Agroteknologi, Fak. Pertanian, UNS, Surakarta

Contact author : sudadi\_uns@yahoo.com

**ABSTRACT**

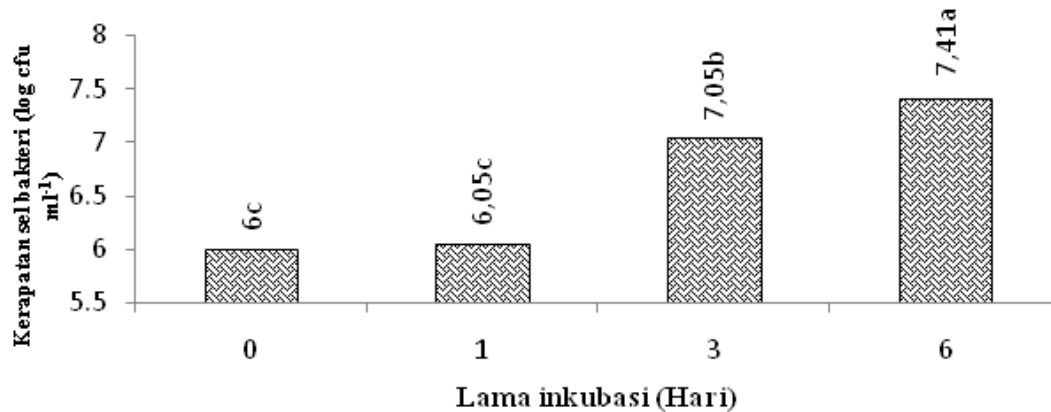
*Phosphor (P) is an essential macro nutrient that occur frequently in low availability for plant. This research aimed to find indigenous phosphate solubilizing microbia from Andisols Dieng as biofertilizer inoculum. It was conducted in UNS Soil Biology Laboratory, Faculty of Agriculture, UNS. The research was begun with an exploratory research to obtain P solubilizer isolates (PSB). Research continued by two experiment, set by a completely randomized design (CRD) with two factors: kind of isolate from Andisols Dieng and incubation time. The first experiment was conducted in temporary period in the pikovskaya liquid medium. The second experiment was conducted in vermicompost its carrier. Each treatment combination was repeated 3 times. As much as  $10^6$  cell or spore was inoculated per gram of medium or vermicompost. Dissolved P, biomass or cell density, and pH at 0, 1, 3 and 6 days after incubation for the pikovskaya liquid medium and at 0, 2, 4 weeks for vermicompost. The results showed that there were 4 isolates potential to be inoculums of P solubilizer biofertilizer, they were are isolates of bacteria ( $P_1$ ), *Aspergillus niger*, *Fusarium sp*, and *Aspergillus tamarii*. *Aspergillus niger* is the most potential inoculums as it highest viability and dissolving phosphate both in liquid media (2.83me/l), and vermicompost (36.78% ).*

**Keywords :** *Andisols Dieng, Biofertilizer, Phosphate Solubilizing Microbie.*

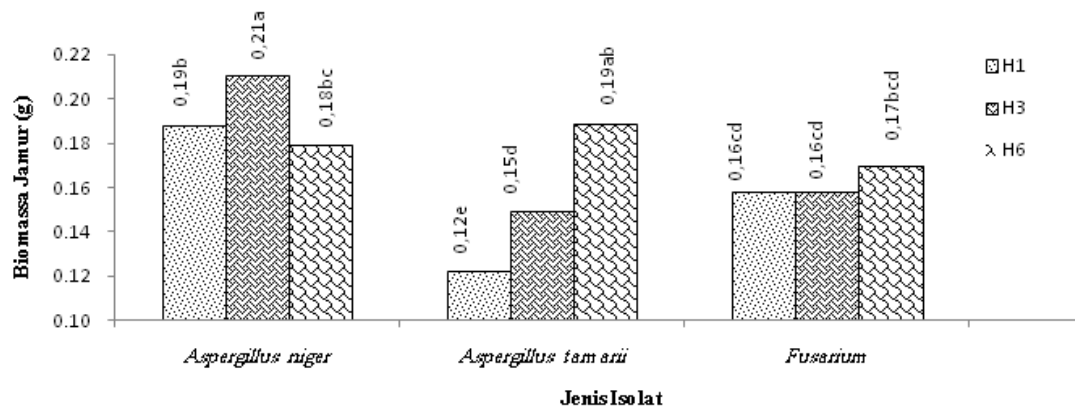
**PENDAHULUAN**

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro esensial yang sangat penting bagi pertumbuhan dan metabolisme tanaman, namun ketersediaannya bagi tanaman di dalam tanah seringkali rendah karena terikat ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  (Foth 1990). Untuk melepas ikatan tersebut dapat menggunakan bantuan mikrobia khususnya pelarut fosfat (Sandeep et al. 2008) yang mampu mengeluarkan asam-asam organik seperti asam format, asamasetat, asam propionat, dan asam fumarat. Asam-asam organik tersebut akan bereaksi

dengan ion-ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  yang mengikat P menjadi bentuk yang stabil (khelat) sehingga unsur P menjadi bebas dan tersedia bagi tanaman (Setiawati dan Mihardja 2008). Pemanfaatan mikrobia pelarut fosfat dapat digunakan dalam bentuk pupuk hayati. Pupuk hayati merupakan pupuk dengan bahan aktif mikrobia yang dapat meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Mikrobia yang biasa digunakan antara lain jamur dan bakteri. Kemampuan mikrobia tersebut dalam melarutkan fosfat tidak sama. Oleh karena itu diperlukan inokulan mikrobia pelarut



Gambar 1. Pengaruh lama inkubasi terhadap kerapatan sel bakteri P<sub>1</sub> pada media cair pikovskaya (angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMR aras kepercayaan 95%).



Gambar 2. Pengaruh lama inkubasi terhadap biomassa isolat jamur pelarut fosfat pada media cair pikovskaya (lama inkubasi H1 = hari ke-1; H3 = hari ke-3, H6 = hari ke-6. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMR aras kepercayaan 95%).

fosfat yang mempunyai aktivitas tinggi, efektif, dan dapat beradaptasi dengan lingkungan. Beragam penelitian bertujuan untuk menemukan mikroba *indigenous* Andisols Dieng terutama mikroba pelarut fosfat sebagai inokulum pupuk hayati. Penelitian ini merupakan salah satu langkah dalam pemanfaatan mikroba lokal sebagai bahan inokulum pupuk hayati. Tanah Andisol di Dieng mengandung sulfur alami sehingga diduga mengandung mikroba fungsional pelarut fosfat.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2012 sampai Desember 2012 di Laboratorium Biologi Tanah dan Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta. Bahan yang digunakan adalah sampel tanah Andisol pegunungan Dieng, vermikompos, batuan fosfat alam asal Kepulauan Christmast, dan media pikovskaya. Alat yang digunakan antara lain mikroskop, petridish, tabung reaksi, spektrofotometer, timbangan analitik,

Tabel 1. Rata-rata diameter dan populasi isolat mikrobia pelarut fosfat

Isolat	Rata-rata diameter (cm)	Rata-rata populasi (log cfug <sup>-1</sup> tanah)
Bakteri P <sub>1</sub>	0,41	4,49
<i>Aspergillus niger</i>	1,51	3,49
<i>Aspergillus tamaraii</i>	0,85	3,76
<i>Fusarium</i>	1,48	3,59

*shaker, haemocytometer, stirer, alat-alat untuk analisis biologi dan kimia. Penelitian ini diawali dengan eksplorasi untuk memperoleh isolat mikrobia dari tanah andisol Dieng. Isolasi mikrobia menggunakan media agar pikovskaya. Selanjutnya dilakukan percobaan untuk mengetahui kemampuannya dalam melarutkan fosfat dari BFA. Percobaan I dengan dua faktor perlakuan yaitu jenis isolat mikrobia asal tanah andisol Dieng dan waktu inkubasi dalam media cair pikovskaya (Hari ke-0, Hari ke-1, Hari ke-3, Hari ke-6) dengan 3 ulangan. Percobaan II dengan dua faktor yaitu jenis isolat mikrobia asal tanah andisol dan waktu penyimpanan dalam *carrier* vermikompos (Minggu ke-0, Minggu ke-2, Minggu ke-4) dengan 3 ulangan. Variabel yang diamati yaitu pH, biomassa atau kerapatan sel, dan jumlah P terlarut. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Analisis data menggunakan uji ragam F (*Fisher Test*) kemudian dilanjutkan dengan DMRT (uji jarak berganda Duncan) dengan kepercayaan 95%.*

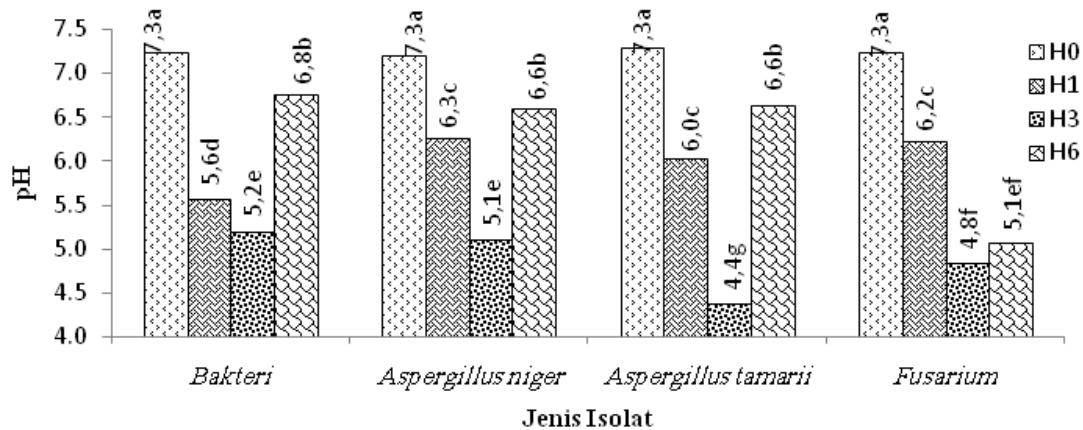
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolat mikrobia pelarut fosfat yang diperoleh yaitu bakteri P<sub>1</sub> (bakteri gram negatif dengan morfologi koloni kosentris, elevasi cembung, dan tepian rata), *Aspergillus niger* (jamur warna

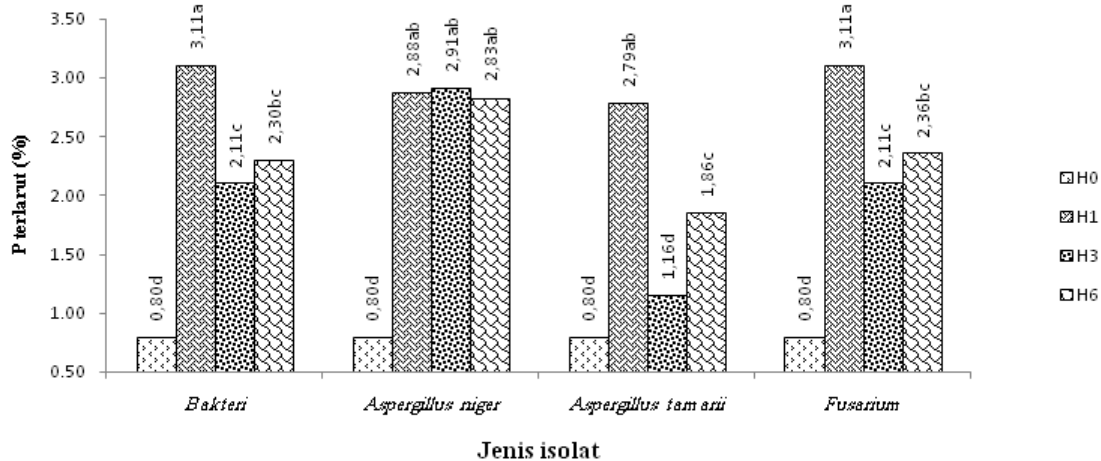
hitam, konidiofor memanjang, konidia berbentuk bulat, dan kepala konidia berbentuk globose) (Kartasaputra et al 1991, Rao 1993), *Aspergillus tamaraii* (jamur warna jingga, konidiofor memanjang, konidia berbentuk bulat, dan kepala konidia berbentuk globose) (Singh et al. 1991), dan *Fusarium* (jamur warna putih, memiliki makro dan mikro konidia, hifa berbentuk septate) (Nyakundi dan Mwangi 2011). Keempat isolat ini terpilih sebagai isolat hasil isolasi tanah Andisol di Dieng karena mampu menunjukkan zona bening pada media agar pikovskaya sebagai karakteristik awal isolat tersebut mampu melarutkan fosfat.

Isolat yang telah diperoleh dari isolasi pada media agar pikovskaya diuji potensinya dalam melarutkan P BFA dalam media cair pikovskaya, kerapatan sel, atau biomasanya, serta pH media cair. Hasil pengamatan kerapatan sel bakteri dan biomassa jamur disajikan sebagaimana Gambar 1 dan Gambar 2.

Hasil uji F pada aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa macam isolat, waktu inkubasi maupun interaksi keduanya memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $P=0,00$ ) terhadap kerapatan sel bakteri dan biomassa jamur masing-masing isolat mikrobia pelarut fosfat. Semakin besar biomassa dan kerapatan sel dapat



Gambar 3. Pengaruh interaksi jenis isolat mikroba pelarut fosfat dan lama inkubasi terhadap pH media cair pikovskaya (lama inkubasi H0 = hari ke-0; H1 = hari ke-1; H3 = hari ke-3; H6 = hari ke-6. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMR aras kepercayaan 95%).



Gambar 4. Pengaruh interaksi jenis isolat mikroba pelarut fosfat dan lama inkubasi terhadap P terlarut pada media cair pikovskaya (lama inkubasi H0 = hari ke-0; H1 = hari ke-1; H3 = hari ke-3; H6 = hari ke-6. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMR aras kepercayaan 95%).

mengindikasikan bahwa aktivitas dari mikroba juga semakin meningkat.

Hasil uji F dengan aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis isolat tidak memberikan pengaruh yang nyata ( $P > 0,05$ ) terhadap pH media cair, sedangkan lama inkubasi serta interaksinya dengan jenis isolat memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $P = 0,00$ ) terhadap pH media cair. Gambar 3 menunjukkan bahwa pH dari

hari ke-0 hingga ke-3 untuk semua isolat mengalami penurunan. Penurunan pH ini dapat disebabkan oleh produksi asam organik yang dihasilkan oleh mikroba. Hue et al. (1986) menyebutkan bahwa jamur pelarut fosfat mampu mensekresikan asam-asam organik yang dapat membentuk kompleks stabil dengan kation-kation pengikat P di dalam tanah. Semakin banyak asam-

asam organik yang tersekresikan akan membuat pH semakin rendah.

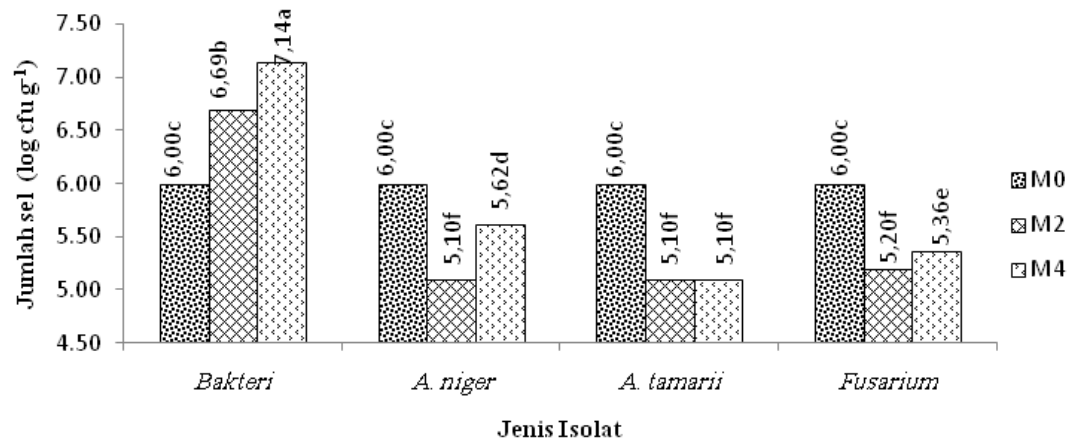
Hari ke-6 menunjukkan bahwa pH mengalami peningkatan. Hal ini karena pada hari ke-6 nutrisi dalam media cair telah berkurang, sehingga aktivitas dari mikrobia juga berkurang dan menyisakan  $\text{Ca}^{2+}$  pada media cair yang membuat pH mengalami kenaikan.

Hasil uji F dengan aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis isolat, lama inkubasi serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $P=0,00$ ) terhadap besarnya P terlarut. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh *Aspergillus niger*. Biomassa jamur serta kerapatan sel bakteri dan pH menentukan besarnya P terlarut pada media cair. Semakin masam pH membuat pelarutan P semakin besar.

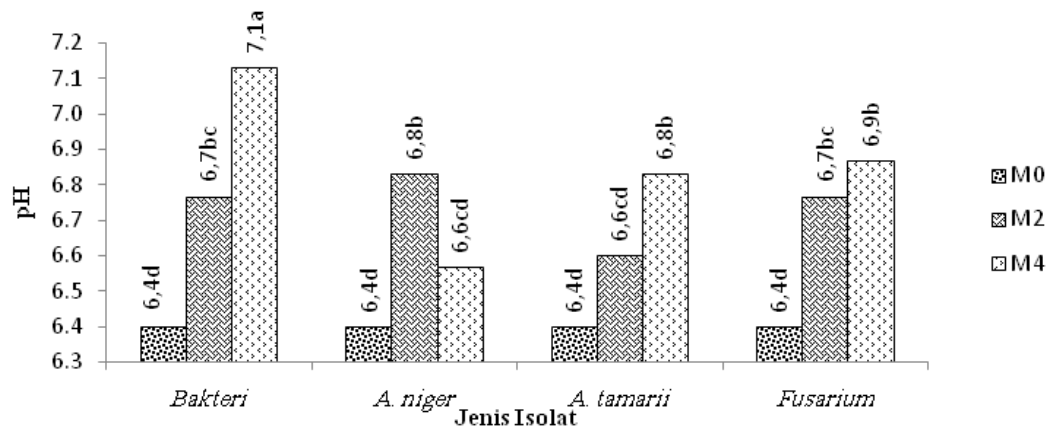
Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa perubahan pH dan kadar P terlarut mempunyai hubungan yang cukup erat ( $r = -0,39$ ). Penurunan pH akibat berbagai jenis asam-asam organik yang dihasilkan mikrobia dan tanaman yang dapat berperan sebagai bahan pengkhelet untuk melarutkan aluminium, besi, kalsium dan fosfat, sehingga meningkatkan pelepasan ortofosfat (Stevenson 1986). Hasil uji korelasi antara perubahan pH dengan biomassa atau kerapatan sel memiliki hubungan yang cukup erat ( $r = 0,31$ ). Besarnya biomassa atau kerapatan sel

memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan pH. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah mikrobia maka jumlah asam organik akan semakin meningkat sehingga pH semakin masam (Sanchez 1992). Hasil uji korelasi antara besarnya biomassa atau kerapatan sel dengan kadar P terlarut menunjukkan korelasi positif ( $r = 0,15$ ) kurang erat namun besarnya biomassa dan kerapatan sel tetap memberikan pengaruh terhadap kadar P terlarut. Hal ini karena pelarutan P tidak hanya bisa dilakukan oleh mikrobia pelarut fosfat, tetapi juga mikrobia lain yang mampu menghasilkan asam anorganik. Madjid (2009) mengungkapkan bahwa biomassa dan kerapatan sel mikrobia dapat mempengaruhi ketersediaan fosfat melalui immobilisasi, yaitu pengikatan ion ortofosfat menjadi bentuk organik yang terikat dalam organisme.

Kemampuan mikrobia bertahan hidup dan menjaga kemampuannya melarutkan P pada bahan pembawa (carrier) inokulum adalah sangat penting. Hasil uji F pada aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis isolat dan lama inkubasi serta interaksi keduanya sangat nyata pengaruhnya ( $P=0,00$ ) terhadap jumlah sel. Populasi tertinggi terlihat pada populasi bakteri pelarut fosfat. Hasil pengamatan populasi isolat mikrobia pelarut P ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh jenis mikrobia pelarut fosfat dan lama inkubasi terhadap populasi isolat pada bahan pembawa vermikompos (lama inkubasi M0 = minggu ke-0; M2 = minggu ke-2; M4 = minggu ke-4. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada aras kepercayaan 95%)



Gambar 6. Pengaruh jenis isolat mikrobia pelarut fosfat dan lama inkubasi terhadap pH bahan pembawa vermikompos (lama inkubasi M0 = minggu ke-0; M2 = minggu ke-2; M4 = minggu ke-4. Antarangka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada aras kepercayaan 95%).

Populasi tertinggi terlihat pada populasi bakteri pelarut fosfat yang mencapai 7,14 log cfu g<sup>-1</sup>. Minggu pengamatan ke-0, ke-2, dan ke-4 menunjukkan populasi isolat lain yaitu *Aspergillus niger*, *Aspergillus tamarii*, dan *Fusarium* juga terus meningkat. Dari keempat isolat, *Aspergillus niger* adalah isolat yang tumbuh lebih cepat dibanding isolat yang lain walaupun jumlahnya tidak sebanyak bakteri.

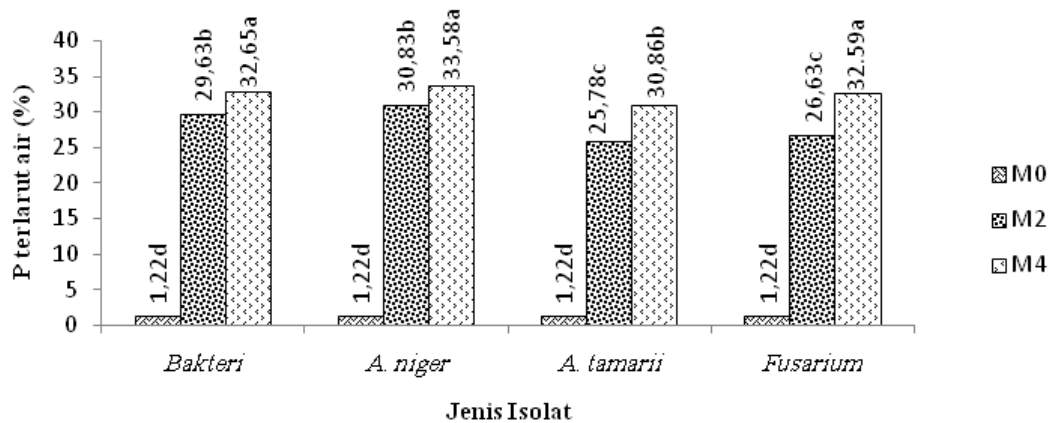
Hasil uji F dengan aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis isolat, lama inkubasi serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang sangat nyata (P=0,00) terhadap perubahan pH bahan pembawa vermikompos. Minggu ke-4, pH umumnya mengalami peningkatan dari minggu ke-0 berbeda dengan pH pada media cair walaupun asam organiknya meningkat. Hal ini disebabkan karena peran dari bahan organik (19,24%) yang

terkandung dalam vermikompos sebagai *buffer* (penyangga) sehingga pH vermikompos tidak menurun tetapi tetap stabil.

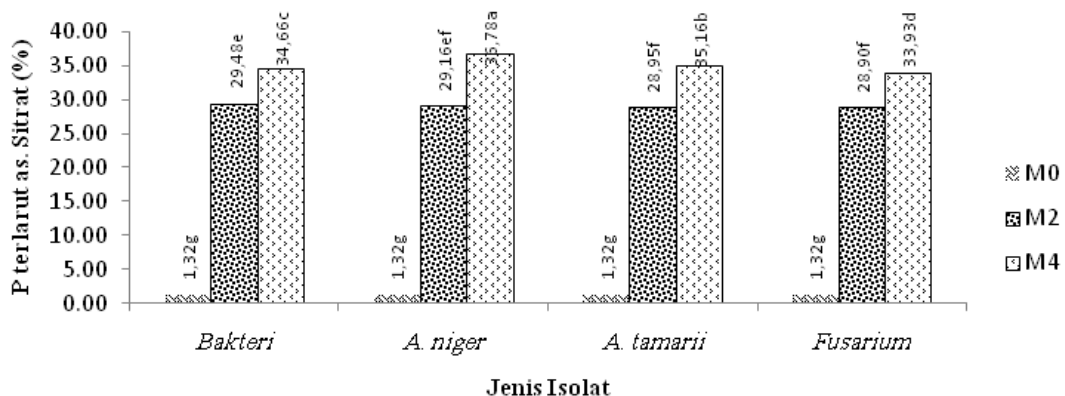
Meningkatnya jumlah sel mikrobia pelarut fosfat serta pH juga mempengaruhi P terlarut air dan P terlarut asam sitrat 2 %.

Hasil uji F dengan aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis isolat, lama inkubasi serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang

sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap jumlah P terlarut air. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh *Aspergillus niger* dengan kadar P terlarut air sebesar 33,58% pada minggu ke-4 yang sebelumnya hanya 0,48% pada minggu ke-0. *Aspergillus niger* mampu melarutkan P lebih besar dibanding isolat lain karena *Aspergillus niger* merupakan mikrobia yang paling dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan. *Aspergillus niger* merupakan mikrobia yang tumbuh paling cepat dan



Gambar 7. Pengaruh jenis isolat mikrobia pelarut fosfat dan lama inkubasi terhadap P terlarut air pada bahan pembawa vermikompos (lama inkubasi M0 = minggu ke-0; M2 = minggu ke-2; M4 = minggu ke-4. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada aras kepercayaan 95%).



Gambar 8. Pengaruh jenis isolat mikrobia pelarut fosfat dan lama inkubasi terhadap P terlarut asam sitrat 2% pada bahan pembawa vermikompos (lama inkubasi M0 = minggu ke-0; M2 = minggu ke-2; M4 = minggu ke-4. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada aras kepercayaan 95%).

pesat dibandingkan bakteri, *Fusarium*, dan *Aspergillus tamarii* pada media agar pikovskaya.

Hasil penelitian Sastro et al. (2006) juga menyebutkan bahwa *Aspergillus niger* memiliki kemampuan mensekresi asam-asam organik khususnya sitrat lebih baik dibanding isolat lain.

Hasil uji F dengan aras kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis isolat, lama inkubasi dan interaksi antar keduanya sangat nyata pengaruhnya ( $P=0,00$ ) terhadap P terlarut asam sitrat 2% dari masing-masing isolat mikrobial pelarut fosfat. Jumlah P terlarut asam sitrat 2% lebih besar dibanding P terlarut air karena asam sitrat 2% mampu melarutkan P yang tidak mampu dilarutkan oleh air. Berbeda dengan anion lain seperti  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  yang mudah tercuci oleh air, umumnya P sukar terlarut oleh air disebabkan karena ion fosfat mudah bereaksi dengan ion lain dan membentuk senyawa yang tingkat kelarutan berkurang sehingga menjadi senyawa yang tidak mudah tercuci (Rosmarkam dan Yuwono 2002).

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa perubahan pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dengan kadar P terlarut air bahan pembawa vermikompos mempunyai hubungan yang kurang erat ( $r = 0,08$ ). Hal ini diduga karena pH bahan pembawa vermikompos tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat pelarutan P tetapi juga dipengaruhi oleh kandungan bahan organik yang tinggi sebagai *buffer* pada bahan pembawa vermikompos. Demikian juga korelasi pH dan P terlarut asam sitrat 2% ( $r = 0,23$ ). Korelasi antara

perubahan pH dan populasi mikrobial pelarut fosfat menunjukkan hubungan yang erat ( $r = -0,67$ ). Populasi memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap perubahan pH. Semakin besar populasi, jumlah asam organik akan semakin meningkat dan membuat pH semakin masam. Namun demikian, korelasi antara populasi mikrobial dan P terlarut air serta P terlarut asam sitrat 2% mempunyai hubungan yang kurang erat ( $r = 0,06$  dan  $0,10$ ). Jumlah populasi memberikan pengaruh yang kurang besar terhadap kadar P terlarut air maupun asam sitrat 2%. Hal ini karena pelarutan P tidak hanya tergantung pada populasi mikrobial tetapi lebih pada kemampuan mikrobial tersebut menghasilkan asam organik untuk melarutkan fosfat. Setiap spesies mikrobial pelarut fosfat mempunyai kemampuan secara genetik yang berbeda dalam menghasilkan asam-asam organik baik dalam jumlah maupun jenisnya selama pertumbuhan. Jumlah dan jenis asam-asam organik inilah yang berperan dan menentukan tingginya pelarutan fosfat, disamping kemampuan dan kecepatan mikrobial pelarut fosfat dalam berkembang biak.

## KESIMPULAN

Hasil isolasi tanah Andisol Dieng diperoleh 4 isolat mikrobial pelarut fosfat berupa 1 macam bakteri  $P_1$  dan 3 jamur (*Aspergillus niger*, *Fusarium*, dan *Aspergillus tamarii*). Isolat jamur *Aspergillus niger* berpotensi sebagai inokulum pupuk hayati pelarut P karena memiliki pertumbuhan paling cepat dan pesat, serta kemampuan melarutkan P



yang tinggi dan stabil baik pada media cair (2,83 m.e/l) ataupun vermikompos (36,78%).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini ditulis dari sebagian hasil penelitian Hibah Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2012 atas nama Widyatmani Sih Dewi, Sudadi, Sumarno, dan Hery Widijanto yang berjudul "Pengembangan Pupuk Organik Bermikroba (*Bionatural Fertilizer*) untuk Tanaman Kacang Tanah Beromega Tiga Tinggi. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktur DP2M Dikti atas dukungan dananya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Foth HD 1990. *Fundamental of Soil Science*. New York: John Wiley & Sons.
- Hue NV, Craddock, Adamet F 1986. Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoils. *J. Soil Sci. Soc. Am.* 50: 28-34.
- Kartasapoetra AG, Sutedjo MM, Sastroatmodjo S 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Nyakundi W, Mwangi W 2011. Isolation and characterization of pathogenic bacteria and Fungi from *Leptoptilos crumeniferus* (marabou stork) droppings. *Journal of Applied Technology In Environmental Sanitation* 1 (1): 93-106.
- Rao N 1993. *Biofertilizer in Agriculture and Forestry*. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co.
- Rosmarkam, Yuwono 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sanchez PA 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika*. Bandung: ITB.
- Sastro Y, Widiyanto D, Prijambada I 2006. Pengaruh batuan fosfat dan kerapatan inokulum terhadap ketahanan hidup *Aspergillus niger* dan kemampuannya melarutkan fosfat setelah dipeletkan dengan batuan fosfat. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 7(2): 77-80.
- Setiawati, Mihardja 2008. Identifikasi dan kuantifikasi metabolit bakteri pelarut fosfat dan pengaruhnya terhadap aktivitas *Rhizoctonia solani* padatanaman kedelai. *J. Tanah Trop* 13(3):233-240.
- Singh K, Frisvad JC, Thrane U, Mathur SB 1991. *An Illustrated Manual Identification of Some Seed Borne Aspergilli, Fusaria, Penicillia, and Their Mycotoxins*. Denmark: Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries.
- Stevenson FJ 1994. *Humus Chemistry, Genesis, Compostion, Reactions*. A Wileyinterscience Publication. New York: John Wiley&Sons.

